

(19)



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

EP 3 439 147 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
06.02.2019 Patentblatt 2019/06

(51) Int Cl.:  
*H02K 1/32 (2006.01)*      *H02K 9/19 (2006.01)*  
*H02K 9/20 (2006.01)*      *H02K 17/16 (2006.01)*  
*H02K 11/24 (2006.01)*      *H02K 3/24 (2006.01)*

(21) Anmeldenummer: 18178553.6

(22) Anmeldetag: 19.06.2018

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
 Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(30) Priorität: 01.08.2017 DE 102017213227

(71) Anmelder: **AUDI AG**  
**85045 Ingolstadt (DE)**(72) Erfinder: **Weber, Korbinian**  
**85049 Ingolstadt (DE)**

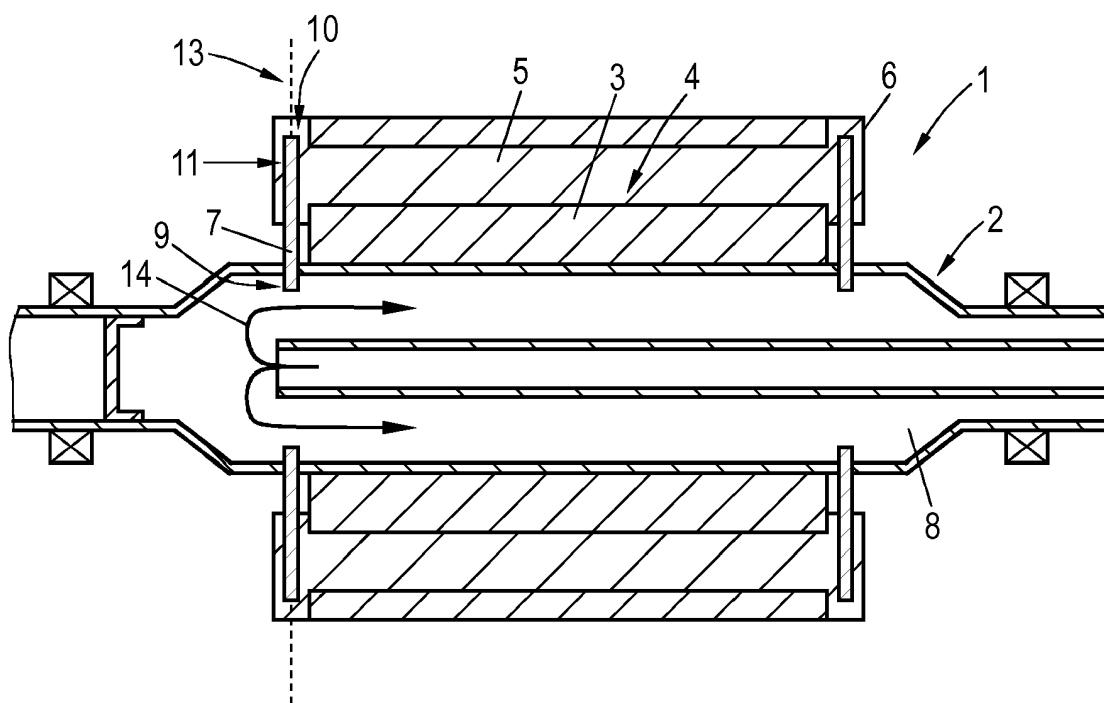
Bemerkungen:  
 Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2)  
 EPÜ.

## (54) ROTOR FÜR EINE ELEKTRISCHE MASCHINE

(57) Rotor für eine elektrische Maschine (24), mit einer Rotorwelle (2), einem drehfest mit der Rotorwelle (2) gekoppelten Wicklungsträger (3) und wenigstens einer an dem Wicklungsträger (3) angeordneten Wicklung (15)

oder einem an dem Wicklungsträger (3) angeordneten Kurzschlusskäfig (4), wobei der Rotor (1) wenigstens ein gewinkelt zu der Rotorwelle (2) verlaufendes Wärmerohr (7, 19) umfasst.

FIG. 1



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine mit einer Rotorwelle, einem drehfest mit der Rotorwelle gekoppelten Wicklungsträger und wenigstens einer an dem Wicklungsträger angeordneten Wicklung oder einem an dem Wicklungsträger angeordneten Kurzschlusskäfig. Daneben betrifft die Erfindung eine elektrische Maschine und ein Kraftfahrzeug.

**[0002]** In Kraftfahrzeugen werden zunehmend elektrische Maschinen als Antriebsmaschinen genutzt. Hierbei und auch in anderen Anwendungsbereichen von elektrischen Maschinen ist die Leistungsfähigkeit, speziell die Dauerleistungsfähigkeit, der elektrischen Maschine in vielen Fällen dadurch begrenzt, dass nicht ausreichend viel Wärme vom Rotor abgeführt werden kann. Hierbei soll grundsätzlich erreicht werden, Verlustwärme, die primär im Rotor-Blehpaket und bei Asynchronmaschinen im Kurzschlusskäfig bzw. bei fremderregten Synchronmaschinen in der Rotorwicklung entsteht, aus dem rotierenden Rotor nach außen abzuführen. Eine Kühlung kann beispielsweise über das den Rotor umgebende Gas erfolgen. Hierbei ist die Menge der abführbaren Energie jedoch stark begrenzt.

**[0003]** Es ist daher bekannt, den Rotor alternativ oder zusätzlich über eine Rotorinnenkühlung zu kühlen, bei der ein Kühlfluid durch die rotierende Welle des Rotors geführt wird, um einen Wärmetransport über die Rotorwelle zu öffnen. Ein ähnlicher Ansatz wird auch in der Druckschrift DE 42 30 379 A1 genutzt, die vorschlägt, die Rotorwelle als Wärmerohr auszubilden. Hierbei ist in der Rotorwelle ein koaxialer Hohlraum vorgesehen, der sich über die gesamte Länge des Rotorblechs und zumindest einseitig hierüber hinaus erstreckt. Der Hohlraum ist allseitig geschlossen und teilweise flüssigkeitsgefüllt. Problematisch an einer Kühlung über die Rotorwelle ist, dass ein Großteil der abzuführenden Abwärme beabstandet von der Rotorwelle entsteht. Die abführbare Wärmemenge ist somit durch die Wärmeleitfähigkeit des Blehpakets begrenzt.

**[0004]** Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine demgegenüber verbesserte Rotorkühlung anzugeben.

**[0005]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Rotor der eingangs genannten Art gelöst, wobei der Rotor wenigstens ein gewinkelt, insbesondere senkrecht, zu der Rotorwelle verlaufendes Wärmerohr umfasst.

**[0006]** Erfindungsgemäß wird somit vorgeschlagen, die Wärmeleitfähigkeit in einer Richtung gewinkelt zu der Rotorwelle, also insbesondere in Radialrichtung des Rotors, zu verbessern, indem wenigstens ein gewinkelt zu der Rotorwelle verlaufendes Wärmerohr vorgesehen wird. Da die thermische Leitfähigkeit von Wärmerohren um ein Vielfaches höher ist als die thermische Leitfähigkeit gängiger metallischer Werkstoffe, können bereits relativ wenige und kleine Wärmerohre den radialen Wärmetransport im Rotor deutlich verbessern. Hierdurch

kann, insbesondere bei einer rotorwellenseitigen Kühlung des Rotors, eine deutliche Erhöhung der Kühlleistung erreicht werden, womit auch die Leistungsfähigkeit und insbesondere die Dauerleistung einer elektrischen Maschine, die einen solchen Rotor nutzt, erhöht werden kann.

**[0007]** Das Wärmerohr kann ein dicht abgeschlossenes Volumen aufweisen, in dem sich ein Fluid befindet, das im Rahmen des Wärmetransports einen Phasenübergang durchführen kann. An einem zu kühlenden Ende kann das Fluid verdampft werden und an einem gekühlten Ende wieder kondensieren. Das kondensierte Fluid kann durch Kapillarkräfte, beispielsweise bei Verwendung einer Heatpipe als Wärmerohr, transportiert werden, jedoch auch durch die Schwerkraft, beispielsweise bei einem Thermosiphon. Bei einer Nutzung eines Wärmerohrs in einem Rotor kann auch die Zentrifugalkraft zum Transport des kondensierten Fluids genutzt werden, wenn Wärme durch das Wärmerohr zu der Rotorwelle geführt werden soll. In diesem Fall kondensiert das Fluid im Bereich der Rotorwelle und kann durch die Zentrifugalkraft vom Rotor weggeführt werden.

**[0008]** Die Wicklung bzw. der Kurzschlusskäfig kann aus einem leitfähigen Material gebildet sein. Die Wicklung kann als Spule aufgebracht sein. Insbesondere können mehrere Spulen an dem Wicklungsträger angeordnet sein, beispielsweise um einen fremdangeregten Rotor für eine Synchronmaschine zu bilden. Die Wicklung kann jedoch auch in Form eines Käfigs als sogenannte Käfigwicklung ausgebildet sein. Hierbei werden mehrere Stäbe genutzt, die an den Stirnseiten des Rotors leitend miteinander verbunden werden, um sie kurzzuschließen. Entsprechende Käfige werden insbesondere für Asynchronmaschinen genutzt. Die Bezeichnungen Wicklung und Kurzschlusskäfig können somit austauschbar verwendet werden.

**[0009]** Der Wicklungsträger kann durch ein Blehpaket gebildet sein. Das Blehpaket kann durch ein Stapeln von gegeneinander isolierten Blechen gebildet sein. Das Blehpaket kann vorzugsweise mehrere in Axialrichtung verlaufende Ausnehmungen oder Nuten für Stäbe eines Käfigs und/oder Spulen, die um Zähne des Wicklungsträgers gewickelt sind, aufweisen.

**[0010]** Das Wärmerohr kann sich in die Radialrichtung des Rotors erstrecken. Hierdurch kann ein besonders effizienter Wärmetransport in Radialrichtung des Rotors erreicht werden. Es kann jedoch auch vorteilhaft sein, dass das Wärmerohr oder wenigstens eines der Wärmerohre gegenüber der Radialrichtung geneigt ist, beispielsweise um maximal 5° oder maximal 10°.

**[0011]** Die Rotorwelle kann einen von einem Kühlfluid durchströmmbaren Hohlraum und/oder ein weiteres Wärmerohr umfassen, der oder das sich zumindest abschnittsweise in die Längsrichtung der Rotorwelle erstreckt. Hierdurch kann Wärme axial über die Rotorwelle abgeführt werden. Der Hohlraum bzw. das Wärmerohr kann sich zumindest einseitig über den Wicklungsträger hinaus erstrecken. Die Längsrichtung der Rotorwelle

kann der Drehachse des Rotors entsprechen, wenn diese in einer elektrischen Maschine genutzt wird. Sie entspricht somit der Axialrichtung des Rotors bzw. der elektrischen Maschine.

**[0012]** Ein rotorwellenseitiges Ende des Wärmerohrs oder wenigstens eines der Wärmerohre kann das weitere Wärmerohr direkt oder über ein Wärmeleitmittel kontaktieren und/oder an den Hohlraum grenzen oder in diesen hineinragen. Hierdurch wird eine besonders gute thermische Kopplung zwischen dem Wärmerohr und dem weiteren Wärmerohr bzw. dem Wärmerohr und dem Kühlfluid erreicht. Als Wärmeleitmittel kann ein Mittel genutzt werden, das eine höhere Wärmeleitfähigkeit als der Wicklungsträger aufweist. Es ist jedoch auch möglich, eine dünne Schicht beispielsweise aus einer Wärmeleitpaste oder einem wärmeleitfähigen Verguss zu nutzen, die primär zum Ausgleich von Unebenheiten des Wärmerohrs bzw. des weiteren Wärmerohrs und somit zur Vermeidung von Lufttaschen dient. Hierbei ist es ausreichend, wenn die Wärmeleitfähigkeit des Wärmeleitmittels höher ist als die Wärmeleitfähigkeit von Luft. Unter einem Kontakt des Wärmerohrs und des weiteren Wärmerohrs ist insbesondere ein mechanischer Kontakt bzw. eine Berührung dieser beiden Elemente zu verstehen, wodurch eine gute thermische Kopplung erreicht werden kann.

**[0013]** Bei der Nutzung des Rotors in einer elektrischen Maschine können beispielsweise aufgrund der auftretenden magnetischen Felder und/oder Drehzahlen große Kräfte auf den Wicklungsträger wirken. Daher sollte eine Schwächung des Wicklungsträgers durch das Einbringen des wenigstens einen Wärmerohrs verhindern werden, wobei gleichzeitig eine Anordnung des Wärmerohrs nahe an kühlungsrelevanten Komponenten erreicht werden soll. Verschiedene Möglichkeiten hierfür werden im Folgenden diskutiert:

Das Wärmerohr oder wenigstens eines der Wärmerohre kann entlang einer axialen Stirnfläche des Wicklungsträgers geführt sein. Beispielsweise kann es an einer flachen axialen Stirnfläche anliegen oder in einer Ausnehmung des Wicklungsträgers geführt sein. Durch die stirmseitige Anordnung wird eine Schwächung des Wicklungsträgers vermieden. Es ist insbesondere möglich, dass an beiden Stirnseiten des Wicklungsträgers jeweils wenigstens ein Wärmerohr angeordnet ist.

**[0014]** Der Wicklungsträger kann als Spulen ausgebildete Wicklungen tragen, wobei Wicklungsköpfe der Spulen in Axialrichtung des Rotors über den Wicklungsträger hinausragen, wobei ein rotorwellenabgewandtes Ende des Wärmerohrs oder wenigstens eines der Wärmerohre in Umfangsrichtung des Rotors zwischen den Wicklungsköpfen von jeweils zwei der Spulen angeordnet ist.

**[0015]** Vorzugsweise kann das rotorwellenabgewandte Ende des jeweiligen Wärmerohrs wenigstens eine der benachbarten Spulen direkt oder über ein Wärmeleitmittel oder einen wärmeleitfähigen Verguss kontaktieren. Die Wicklungsköpfe können jene Bereiche der Spulen sein, in denen der Spulendraht in Umfangsrichtung des

Rotors um die axialen Enden von Zähnen des Wicklungsträgers geführt wird. Das vorgeschlagene Vorgehen ermöglicht es, Wärme direkt von den Spulen abzuführen, ohne dass der Wicklungsträger geschwächt werden muss.

**[0016]** Der Kurzschlusskäfig kann durch mehrere an den Stirnseiten des Wicklungsträgers durch Kurzschlussringe kurzgeschlossene Stäbe gebildet sein, wobei ein rotorwellenabgewandtes Ende des Wärmerohrs oder wenigstens eines der Wärmerohre einen Kurzschlussring direkt oder über ein Wärmeleitmittel oder eine Lötverbindung kontaktiert und/oder in einer Ausnehmung eines Kurzschlussrings aufgenommen ist. Das Wärmerohr kann insbesondere außerhalb des Wicklungsträgers von der Rotorwelle zu dem Kurzschlussring geführt sein. Es kann somit eine Schwächung des Wicklungsträgers vermieden werden und zugleich Wärme von dem Kurzschlussring bzw. von den mit dem Kurzschlussring verbundenen Stäben abgeführt werden.

**[0017]** Die Wicklung oder der Kurzschlusskäfig kann zumindest abschnittsweise in wenigstens einer Ausnehmung des Wicklungsträgers geführt sein, wobei ein rotorwellenabgewandtes Ende des Wärmerohrs oder wenigstens eines der Wärmerohre an die Ausnehmung angrenzt oder in sie hinein ragt. In zumindest einem Abschnitt der Ausnehmung kann das Wärmerohr, insbesondere flächig, zwischen der Ausnehmungswand und der Wicklung bzw. dem Kurzschlusskäfig oder zwischen zwei benachbarten Wicklungen angeordnet sein. Die Ausnehmung kann eine axial verlaufende Nut sein, in der beispielsweise eine Zahnpule als Wicklung geführt ist. Die Ausnehmung kann jedoch auch eine Ausnehmung für einen Kurzschlussstab eines Käfigs sein. Durch die Führung des Wärmerohrs zu der bzw. in die Ausnehmung kann besonders effizient Wärme von einer der dort geführten Wicklung bzw. dem Kurzschlusskäfig abgeführt werden.

**[0018]** Das Wärmerohr kann sich an dem rotorwellenabgewandten Ende in eine erste Richtung senkrecht zu der Längsrichtung des Wärmerohrs weiten und/oder in eine zweite Richtung senkrecht zu der Längsrichtung und zu der ersten Richtung verengen. Die erste Richtung kann insbesondere die Axialrichtung des Rotors bzw. der elektrischen Maschine sein. Die zweite Richtung kann insbesondere die Umfangsrichtung des Rotors sein. Das Weiten bzw. die Verengung kann insbesondere in jenem Abschnitt des Wärmerohrs erfolgen, der in die Ausnehmung des Wicklungsträgers, die die Wicklung bzw. den Kurzschlusskäfig zumindest abschnittsweise führt, hineinragt.

**[0019]** Neben dem erfindungsgemäßen Rotor betrifft die Erfindung eine elektrische Maschine mit einem Stator, die einen erfindungsgemäßen Rotor umfasst.

**[0020]** Zudem betrifft die Erfindung ein Kraftfahrzeug, das eine erfindungsgemäße elektrische Maschine aufweist.

**[0021]** Die erfindungsgemäße elektrische Maschine und das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug können mit

Merkmalen, die zum erfindungsgemäßen Rotor diskutiert wurden, weitergebildet werden und umgekehrt.

**[0022]** Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den folgenden Ausführungsbeispielen sowie den zugehörigen Zeichnungen. Hierbei zeigen schematisch:

Fig. 1 bis 6 verschiedene Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Rotoren, und

Fig. 7 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs, das ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine umfasst.

**[0023]** Fig. 1 zeigt einen Rotor 1 für eine elektrische Maschine. Ein Schnitt entlang der gestrichelten Linie 13 ist in Fig. 2 dargestellt. Der Rotor umfasst einen Wicklungsträger 3, beispielsweise ein Blechpaket, der drehfest an einer Rotorwelle 2 angeordnet ist. Der Wicklungsträger 3 trägt als Wicklung einen Kurzschlusskäfig 4, der durch mehrere Stäbe 5 gebildet ist, die in axialen Ausnehmungen des Wicklungsträgers 3 angeordnet sind. Die Stäbe 5 sind an den Stirnseiten des Wicklungsträgers 3 durch Kurzschlussringe 6 verbunden. Ein entsprechender Rotoraufbau ist insbesondere aus dem Bereich der Asynchronmaschinen bekannt und soll nicht detailliert erläutert werden.

**[0024]** Bei der Nutzung des Rotors 1 in einer elektrischen Maschine erwärmt sich der Rotor insbesondere im Bereich der Wicklung bzw. des Kurzschlusskäfigs 4 sowie im Randbereich des Blechpaketes, da in diesem durch Wechselfelder Wirbelströme induziert werden können. Aufgrund dieser Erwärmung kann die Leistungsfähigkeit einer elektrischen Maschine eingeschränkt sein. Es ist daher vorteilhaft, den Rotor 1 zu kühlen. Hierzu ist im Rotor 1 eine rotorwellenseitige Kühlung vorgesehen, bei der die Rotorwelle 2 einen von einem Kühlfluid durchströmmbaren Hohlraum 8 aufweist, um axial Wärme aus dem Rotor 1 abzutransportieren. Um die thermische Kopplung des Käfigs und der randseitigen Bereiche des Wicklungsträgers 3 mit dieser Kühlung zu verbessern, weist der Rotor 1 mehrere Wärmerohre 7 auf, die gewinkelt zu der Rotorwelle 2 stehen. Im gezeigten Beispiel stehen die Wärmerohre 7 senkrecht auf der Rotorwelle und verlaufen somit in die Radialrichtung des Rotors.

**[0025]** Um eine Schwächung des Wicklungsträgers 3 durch ein Einbringen der Wärmerohre 7 zu vermeiden, werden diese an den Stirnflächen des Wicklungsträgers 3 angeordnet. Im gezeigten Beispiel sind die Wärmerohre 7 von diesen Stirnflächen beabstandet, prinzipiell könnten sie jedoch auch auf den Stirnflächen aufliegen oder an diesen, beispielsweise durch Rillen, geführt sein.

**[0026]** Das rotorwellenseitige Ende 9 des Wärmerohrs ragt in den Hohlraum 8 hinein und wird somit von dem durch die Pfeile 14 angedeuteten Strom des Kühlfluids umströmt. Hierdurch wird ein besonders effizienter Wärmeaustausch zwischen dem Wärmerohr 7 und dem Kühlfluid erreicht. In einem alternativen Ausführungsbeispiel

können die Wärmerohre 7 auch nur an dem Hohlraum 8 angrenzen. Dies wäre für einen guten thermischen Kontakt ebenfalls ausreichend.

**[0027]** Das rotorwellenabgewandte Ende 10 des Wärmerohrs 7 greift in eine Ausnehmung 11 des Kurzschlussrings 6 ein. Hierdurch kann die Wicklung bzw. der Kurzschlusskäfig 4 direkt gekühlt werden und auch die Kühlung der randseitigen Bereiche des Wicklungsträgers 3 wird verbessert.

**[0028]** Fig. 3 zeigt eine geringfügige Abwandlung des in Fig. 1 und Fig. 2 dargestellten Rotors 1. Um einen axialen Wärmetransport zu ermöglichen wird in diesem Ausführungsbeispiel statt dem in Fig. 1 und 2 genutzten, von einem Kühlfluid durchströmmbaren Hohlraum 8 ein weiteres Wärmerohr 12 genutzt, das sich entlang zumindest eines Abschnitts der Rotorwelle 2 erstreckt, wobei es vorzugsweise wenigstens einseitig über den Wicklungsträger 3 hinausragt. Um eine gute thermische Kopplung zwischen den Wärmerohren 7 und dem weiteren Wärmerohr 12 zu ermöglichen, kontaktieren die Wärmerohre 7 das weitere Wärmerohr 12 mechanisch, wobei zur Verbesserung der thermischen Kopplung ein Wärmeleitmittel, beispielsweise eine Wärmeleitpaste, genutzt werden kann.

**[0029]** Fig. 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Rotors 1, wobei der Wicklungsträger 3 in diesem Ausführungsbeispiel mehrere Wicklungen 15 trägt, die als Zahnspulen ausgebildet sind. Um den Aufbau des Rotors 1 zu verdeutlichen, zeigt Fig. 5 einen Schnitt entlang der gestrichelten Linie 17. Der Spulendraht wird axial durch nutförmige Ausnehmungen 20 geführt, die zwischen den Zähnen 16 angeordnet sind, um die die Wicklungen 15 gewunden sind. Wie bereits in den vorangehend erläuterten Ausführungsbeispielen sind an den Stirnseiten des Wicklungsträgers 3 die Wärmerohre 7 vorgesehen.

**[0030]** Das rotorwellenseitige Ende 9 der Wärmerohre 7 endet in einem von Kühlfluid durchströmmbaren Hohlraum 8 der Rotorwelle 2. Das rotorwellenabgewandte Ende 10 der Wärmerohre 7 ist jeweils zwischen den Wicklungsköpfen 21, also jenen Bereichen der Wicklungen 15, die axial über die Zähne 16 hinausstehen, angeordnet. Hierdurch kann eine effiziente Kühlung der Wicklungen 15 erreicht werden.

**[0031]** Zur verbesserten Kühlung der Wicklung 15 ist ergänzend das Wärmerohr 19 vorgesehen, das den Wicklungsträger 3 durchsetzt. Zur Verdeutlichung der Anordnung des Wärmerohrs 19 zeigt Fig. 6 einen Schnitt entlang der gestrichelten Linie 18. Das rotorwellenabgewandte Ende 22 des Wärmerohrs 19 ragt in die Ausnehmung 20 zwischen den Zähnen 16 hinein, in der die Wicklungen 15 geführt sind. Um einerseits wenig Raum in der Ausnehmung 20 zu verbrauchen und andererseits eine möglichst große Fläche zum Wärmeaustausch mit den Wicklungen 15 bereitzustellen, ist das Ende 22, wie in Fig. 4 zu erkennen ist, geweitet. Wie in Fig. 6 zu erkennen ist, ist das Wärmerohr 19 an seinem Ende 22 zudem in Umfangsrichtung des Rotors 1 verengt.

**[0032]** Fig. 7 zeigt ein Kraftfahrzeug 23, das eine elektrische Maschine 24 umfasst, die durch einen Stator 25 und einen in dem Stator 25 drehbar gelagerten Rotor 1 gebildet wird. Der Rotor 1 kann beispielsweise aufgebaut werden, wie es anhand der vorangehenden Figuren erläutert wurde. Durch die Nutzung von Wärmerohren, die gewinkelt zur Rotorwelle 2 des Rotors 1, insbesondere axial bezüglich des Rotors, verlaufen, kann der Wärmeabtransport von dem Rotor erheblich verbessert werden, womit insgesamt die Leistungsfähigkeit der elektrischen Maschine 24 verbessert werden kann. Dies ist besonders relevant, wenn die elektrische Maschine 24 als Antriebsmotor des Kraftfahrzeugs 23 genutzt wird.

### Patentansprüche

1. Rotor für eine elektrische Maschine (24), mit einer Rotorwelle (2), einem drehfest mit der Rotorwelle (2) gekoppelten Wicklungsträger (3) und wenigstens einer an dem Wicklungsträger (3) angeordneten Wicklung (15) oder einem an dem Wicklungsträger (3) angeordneten Kurzschlusskäfig (4),  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Rotor (1) wenigstens ein gewinkelt zu der Rotorwelle (2) verlaufendes Wärmerohr (7, 19) umfasst.
2. Rotor nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** sich das Wärmerohr (7, 19) in die Radialrichtung des Rotors (1) erstreckt.
3. Rotor nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Rotorwelle (2) einen von einem Kühlfluid durchströmmbaren Hohlraum (8) und/oder ein weiteres Wärmerohr (12) umfasst, der oder das sich zumindest abschnittsweise in die Längsrichtung der Rotorwelle (2) erstreckt.
4. Rotor nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** ein rotorwellenseitiges Ende (9) des Wärmerohrs (7, 19) oder wenigstens eines der Wärmerohre (7, 19) das weitere Wärmerohr (12) direkt oder über ein Wärmeleitmittel kontaktiert und/oder an den Hohlraum (8) grenzt oder in diesen hineinragt.
5. Rotor nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Wärmerohr (7) oder wenigstens eines der Wärmerohre (7) entlang einer axialen Stirnfläche des Wicklungsträgers (3) geführt ist.
6. Rotor nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Wicklungsträger (3) als Spulen ausgebil-

dete Wicklungen (15) trägt, wobei Wicklungsköpfe (21) der Spulen in Axialrichtung des Rotors (1) über den Wicklungsträger (3) hinausragen, wobei ein rotorwellenabgewandtes Ende (10) des Wärmerohrs (7) oder wenigstens eines der Wärmerohre (7) in Umfangsrichtung des Rotors (1) zwischen den Wicklungsköpfen (21) von jeweils zwei der Spulen angeordnet ist.

7. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Kurzschlusskäfig (4) durch mehrere an den Stirnseiten des Wicklungsträgers (3) durch Kurzschlussringe (6) kurzgeschlossene Stäbe (5) gebildet ist, wobei ein rotorwellenabgewandtes Ende (10) des Wärmerohrs (7) oder wenigstens eines der Wärmerohre (7) einen Kurzschlussring (6) direkt oder über ein Wärmeleitmittel kontaktiert und/oder in einer Ausnehmung (11) eines Kurzschlussrings (6) aufgenommen ist.
8. Rotor nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Wicklung (15) oder der Kurzschlusskäfig (4) zumindest abschnittsweise in wenigstens einer Ausnehmung (20) des Wicklungsträgers (3) geführt ist, wobei ein rotorwellenabgewandtes Ende (22) des Wärmerohrs (19) oder wenigstens eines der Wärmerohre (19) an die Ausnehmung (20) angrenzt oder in diese hineinragt.
9. Rotor nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** sich das Wärmerohr (19) an dem rotorwellenabgewandten Ende (22) in eine erste Richtung senkrecht zu der Längsrichtung des Wärmerohrs (19) weitet und/oder in eine zweite Richtung senkrecht zu der Längsrichtung und zu der ersten Richtung verengt.
10. Elektrische Maschine mit einem Stator (25),  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** sie einen Rotor (1) nach einem der vorangehenden Ansprüchen aufweist.
11. Kraftfahrzeug,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** es eine elektrische Maschine (24) nach Anspruch 10 aufweist.

### Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Rotor für eine elektrische Maschine (24), mit einer Rotorwelle (2), einem drehfest mit der Rotorwelle (2) gekoppelten Wicklungsträger (3) und wenigstens einer an dem Wicklungsträger (3) angeordneten Wicklung (15) oder einem an dem Wicklungsträger (3)

- angeordneten Kurzschlusskäfig (4),  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Rotor (1) wenigstens ein gewinkelt zu der Rotorwelle (2) verlaufendes Wärmerohr (7, 19) umfasst, wobei einerseits das Wärmerohr (7) oder wenigstens eines der Wärmerohre (7) entlang einer axialen Stirnfläche des Wicklungsträgers (3) geführt ist, und/oder andererseits der Kurzschlusskäfig (4) durch mehrere an den Stirnseiten des Wicklungsträgers (3) durch Kurzschlussringe (6) kurzgeschlossene Stäbe (5) gebildet ist, wobei ein rotorwellenabgewandtes Ende (10) des Wärmerohrs (7) oder wenigstens eines der Wärmerohre (7) einen Kurzschlussring (6) direkt oder über ein Wärmeleitmittel kontaktiert und/oder in einer Ausnehmung (11) eines Kurzschlussrings (6) aufgenommen ist.
2. Rotor nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** sich das Wärmerohr (7, 19) in die Radialrichtung des Rotors (1) erstreckt.
3. Rotor nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Rotorwelle (2) einen von einem Kühlfluid durchströmmbaren Hohlraum (8) und/oder ein weiteres Wärmerohr (12) umfasst, der oder das sich zumindest abschnittsweise in die Längsrichtung der Rotorwelle (2) erstreckt.
4. Rotor nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** ein rotorwellenseitiges Ende (9) des Wärmerohrs (7, 19) oder wenigstens eines der Wärmerohre (7, 19) das weitere Wärmerohr (12) direkt oder über ein Wärmeleitmittel kontaktiert und/oder an den Hohlraum (8) grenzt oder in diesen hineinragt.
5. Rotor nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Wicklungsträger (3) als Spulen ausgebildete Wicklungen (15) trägt, wobei Wicklungsköpfe (21) der Spulen in Axialrichtung des Rotors (1) über den Wicklungsträger (3) hinausragen, wobei ein rotorwellenabgewandtes Ende (10) des Wärmerohrs (7) oder wenigstens eines der Wärmerohre (7) in Umfangsrichtung des Rotors (1) zwischen den Wicklungsköpfen (21) von jeweils zwei der Spulen angeordnet ist.
6. Rotor nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Wicklung (15) oder der Kurzschlusskäfig (4) zumindst abschnittsweise in wenigstens einer Ausnehmung (20) des Wicklungsträgers (3) geführt ist, wobei ein rotorwellenabgewandtes Ende (22) des Wärmerohrs (19) oder wenigstens eines der Wärmerohre (19) an die Ausnehmung (20) angrenzt
- oder in diese hineinragt.
7. Rotor nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** sich das Wärmerohr (19) an dem rotorwellenabgewandten Ende (22) in eine erste Richtung senkrecht zu der Längsrichtung des Wärmerohrs (19) weitet und/oder in eine zweite Richtung senkrecht zu der Längsrichtung und zu der ersten Richtung verengt.
8. Elektrische Maschine mit einem Stator (25),  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** sie einen Rotor (1) nach einem der vorangehenden Ansprüchen aufweist.
9. Kraftfahrzeug,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** es eine elektrische Maschine (24) nach Anspruch 8 aufweist.

FIG. 1

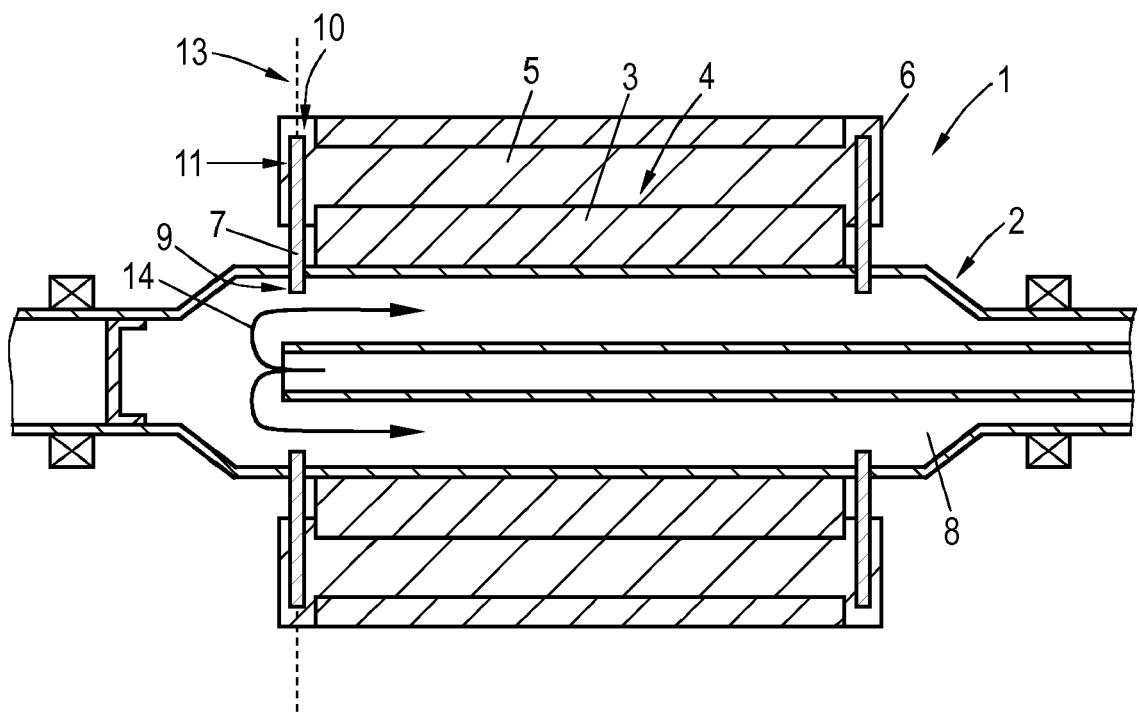


FIG. 2

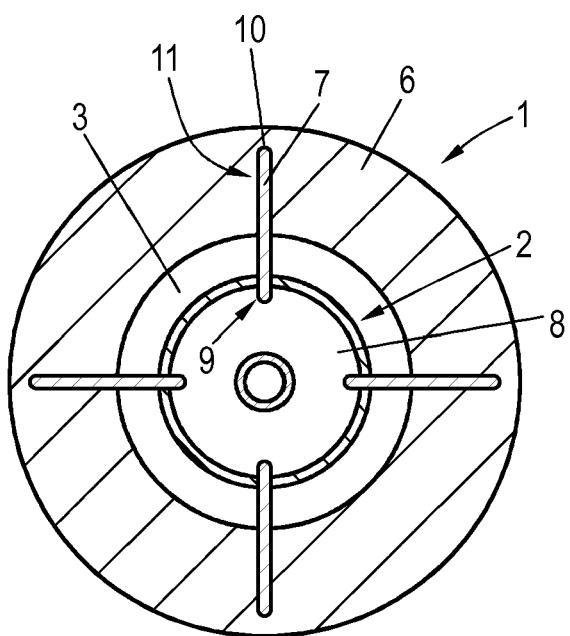


FIG. 3

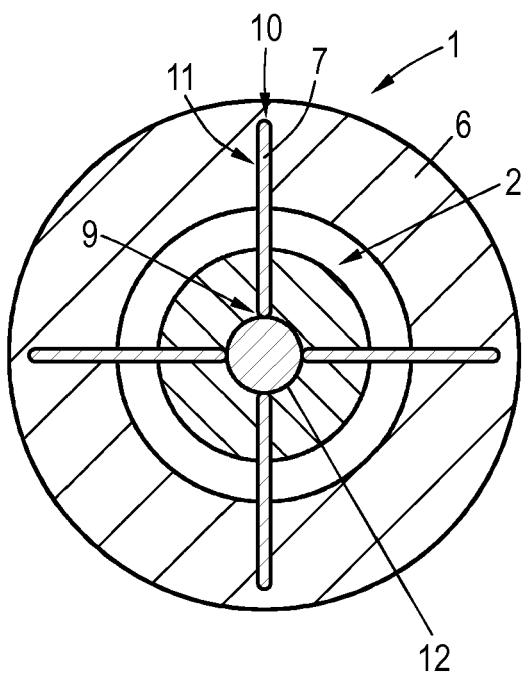


FIG. 4

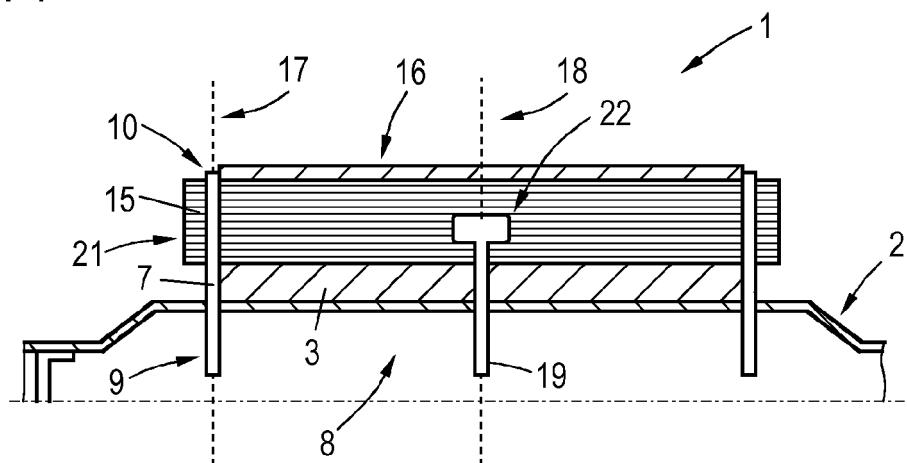


FIG. 5

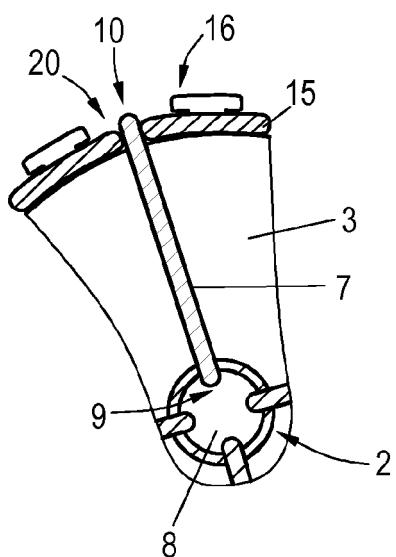


FIG. 6

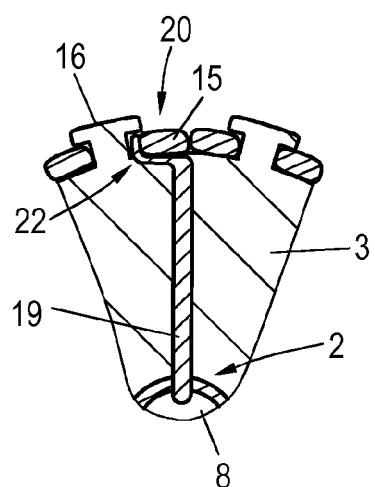
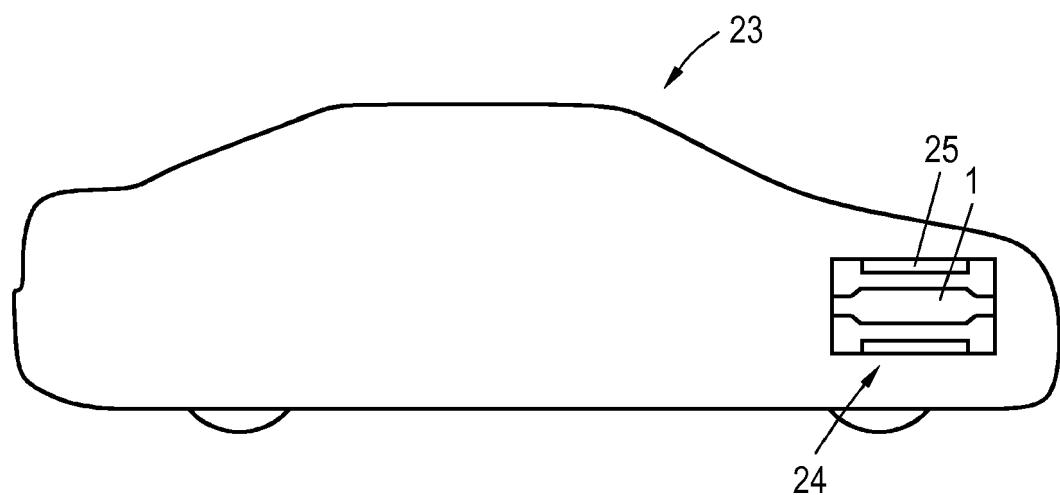


FIG. 7





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 18 17 8553

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE											
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)								
10 X	US 9 065 313 B2 (ASIA VITAL COMPONENTS CO LTD [TW]) 23. Juni 2015 (2015-06-23) * Abbildung 11 * * Spalten 4,7 * -----	1-11	INV. H02K1/32 H02K9/19 H02K9/20 H02K17/16								
15 X	EP 0 012 318 A1 (KRAFTWERK UNION AG [DE]) 25. Juni 1980 (1980-06-25) * Abbildung 1A * * Seite 13, Zeile 15 - Zeile 25 * -----	1,2	H02K1/24 H02K3/24								
20 A	US 4 976 308 A (FAGHRI AMIR [US]) 11. Dezember 1990 (1990-12-11) * Abbildungen 1-5 * -----	4,9									
25 A	WO 01/20713 A1 (RAYTHEON CO [US]) 22. März 2001 (2001-03-22) * Abbildung 4 * -----	4									
30 A	DE 10 2014 214136 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 21. Januar 2016 (2016-01-21) * Abbildung 1 * -----	1	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)								
35 A	DE 42 30 379 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 17. März 1994 (1994-03-17) * Abbildung 1 * -----	1	H02K								
40 A	DE 10 2013 020331 A1 (DAIMLER AG [DE]) 31. Juli 2014 (2014-07-31) * Abbildungen 1-4 * -----	1									
45 A	EP 2 498 386 A1 (WILIC SARL [LU]) 12. September 2012 (2012-09-12) * Abbildung 2 * * Absätze [0032], [0033] * -----	1									
1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt	-/-									
50	<table border="1"> <tr> <td>Recherchenort Den Haag</td> <td>Abschlußdatum der Recherche 17. August 2018</td> <td>Prüfer Le Chenadec, Hervé</td> </tr> <tr> <td colspan="3">KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</td> </tr> <tr> <td colspan="2">X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</td> <td>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... &amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</td> </tr> </table>	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 17. August 2018	Prüfer Le Chenadec, Hervé	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)
Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 17. August 2018	Prüfer Le Chenadec, Hervé									
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE											
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument									

55



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 18 17 8553

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)	
10	A DE 10 2014 215645 A1 (SIEMENS AG [DE]) 11. Februar 2016 (2016-02-11) * Abbildungen 3,4 *	1		
15	A CN 104 578 504 A (TIANJIN SANTROLL ELECTRIC AUTOMOBILE TECHNOLOGY CO LTD) 29. April 2015 (2015-04-29) * Abbildung 1 *	1		
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
55	EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 17. August 2018	Prüfer Le Chenadec, Hervé
		KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
		X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 17 8553

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

17-08-2018

	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
10	US 9065313 B2	23-06-2015	US	2012248907 A1	04-10-2012
			US	2014232221 A1	21-08-2014
			US	2014265669 A1	18-09-2014
15	EP 0012318 A1	25-06-1980	DE	2854059 A1	17-07-1980
			EP	0012318 A1	25-06-1980
			JP	S5583439 A	23-06-1980
			US	4315172 A	09-02-1982
20	US 4976308 A	11-12-1990		KEINE	
	WO 0120713 A1	22-03-2001	AU	7582300 A	17-04-2001
			CA	2383703 A1	22-03-2001
			DE	60033165 T2	15-11-2007
			EP	1218965 A1	03-07-2002
25			JP	4357780 B2	04-11-2009
			JP	2003509870 A	11-03-2003
			US	7069975 B1	04-07-2006
			US	2006293086 A1	28-12-2006
			WO	0120713 A1	22-03-2001
30	DE 102014214136 A1	21-01-2016		KEINE	
	DE 4230379 A1	17-03-1994		KEINE	
35	DE 102013020331 A1	31-07-2014		KEINE	
	EP 2498386 A1	12-09-2012	AR	088722 A1	02-07-2014
			AU	2012201381 A1	27-09-2012
			BR	102012005506 A2	03-06-2014
			CA	2770667 A1	10-09-2012
40			CN	102684336 A	19-09-2012
			DK	2498386 T3	10-03-2014
			EP	2498386 A1	12-09-2012
			ES	2447302 T3	11-03-2014
			US	2012248780 A1	04-10-2012
45	DE 102012203691 A1	12-09-2013	CN	104160593 A	19-11-2014
			DE	102012203691 A1	12-09-2013
			EP	2805403 A2	26-11-2014
			WO	2013131825 A2	12-09-2013
50	DE 102014215645 A1	11-02-2016	CN	106797159 A	31-05-2017
			DE	102014215645 A1	11-02-2016
			EP	3161947 A1	03-05-2017
			US	2017237318 A1	17-08-2017

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

55

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 17 8553

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten  
Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

17-08-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	CN 104578504	W0 2016020221 A1 A 29-04-2015	KEINE	11-02-2016
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

55

Seite 2 von 2

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 4230379 A1 [0003]